

p. 17

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-256105

(43)Date of publication of application : 10.09.2003

(51)Int.Cl.

G06F 3/00

(21)Application number : 2002-055213

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 01.03.2002

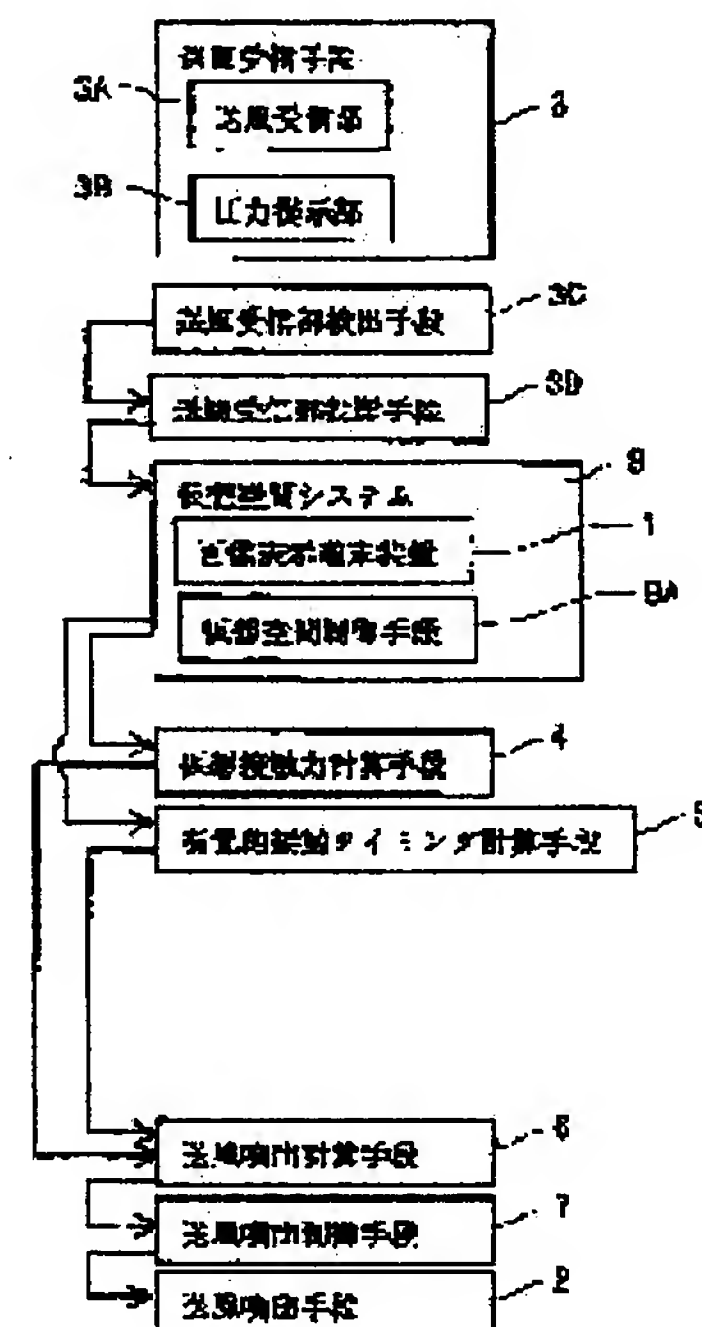
(72)Inventor : SUZUKI YURIKO  
KOBAYASHI MINORU  
ISHIBASHI SATOSHI

## (54) INNER FORCE SENSE PRESENTING DEVICE, AND INNER FORCE SENSE PRESENTING METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To generate an inner force sense event by synchronizing with a visual event with respect to deviation of inner force sense presenting timing by real air jet, and make inner force sense expression controllable which gives an illusion as collision feeling different in terms of speed and tenderness of a collision or the like.

SOLUTION: An air receiving means 3 presents a received wind pressure as a pressure to an operator, an air receiving part detecting means detects a position and direction or the like of the air receiving means, and an air receiving part projecting means projects the air receiving means as a contact determination object in a virtual space in response to the information. A virtual contact force calculating means 4 calculates contact force of the contact determination object and a virtual object in the virtual space, and a visual contact timing calculating means 5 calculates contact timing of both in the virtual spaces in response to positions and changes of positions to a time of both. An air jet calculating means 6 calculates a wind jetted in response to a virtual contact force calculation result and a visual contact timing calculation result, a control means 7 controls it, and an air jetting means 2 jets the wind to the air receiving means.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 6 F 3/00

識別記号  
6 8 0  
6 0 1

F I  
G 0 6 F 3/00

テームコード(参考)  
6 8 0 A 5 E 5 0 1  
6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 15 頁)

(21)出願番号	特願2002-55213(P2002-55213)	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22)出願日	平成14年3月1日(2002.3.1)	(72)発明者	鈴木 由里子 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内
		(72)発明者	小林 稔 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日 本電信電話株式会社内
		(74)代理人	100062199 弁理士 志賀 富士弥 (外2名)

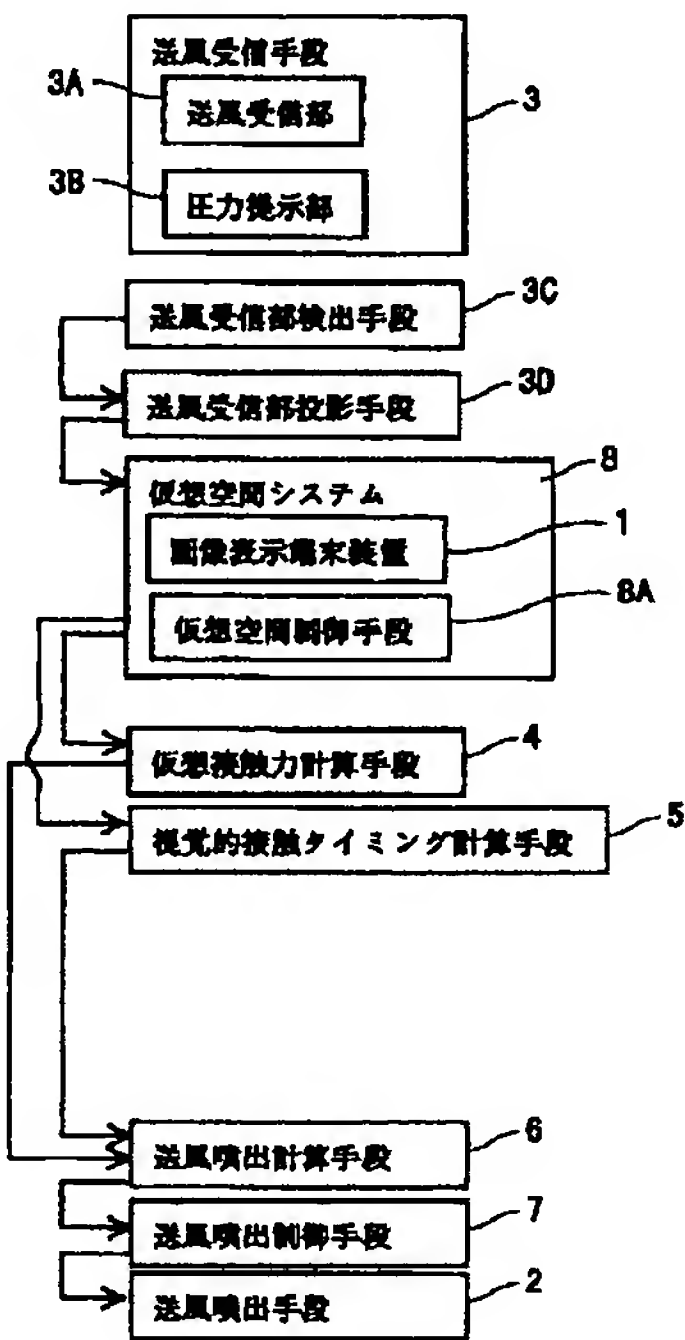
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 力覚提示装置および力覚提示方法

(57)【要約】

【課題】 現実の送風噴出による力覚提示タイミングのずれに対して、視覚的イベントに同期させて力覚イベントを発生させる。また、衝突の速さや、やわらかさ等について異なる衝突感覚として錯覚させる力覚表現の制御を可能とする。

【解決手段】 送風受信手段3は受けた風圧を操作者に圧力として提示し、送風受信部検出手段は送風受信手段の位置や向き等を検出し、その情報に応じて送風受信部投影手段は送風受信手段を仮想空間に接触判定オブジェクトとして投影する。仮想接触力計算手段4は仮想空間内での接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトとの接触力を計算し、視覚的接触タイミング計算手段5は両者の位置および時間に対する位置の変化に応じて、両者の仮想空間内における接触タイミングを計算する。送風噴出計算手段6は仮想接触力計算結果と視覚的接触タイミング計算結果に応じて噴出する風を計算し、これを制御手段7が制御し、送風噴出手段2が送風受信手段に対し風を噴出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 仮想オブジェクトと接触判定オブジェクトを仮想空間に表現する画像表示端末装置、および前記仮想オブジェクトと前記接触判定オブジェクトの状態に応じて前記仮想空間を制御する仮想空間制御手段を有する仮想空間システムにおいて、

風を受け止める送風受信部、および前記送風受信部が受けた風圧を操作者に圧力として提示する圧力提示部を有する送風受信手段と、

前記送風受信部に対し風を噴出する送風噴出手段と、

前記送風受信手段の位置や向き等を検出する送風受信部検出手段と、

前記送風受信部検出手段により検出された前記送風受信手段の位置や向き等の情報に応じて、前記送風受信手段を取り付けた又はそれを一部とする物体を前記仮想空間に前記接触判定オブジェクトとして投影する送風受信部投影手段と、

前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトとの状態に応じて、前記仮想空間での両者の接触力を計算する仮想接触力計算手段と、

前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における接触タイミングを計算する視覚的接触タイミング計算手段と、

前記仮想接触力計算手段の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段が噴出する風を計算する送風噴出計算手段と、

前記送風噴出計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段が噴出する風を制御する送風噴出制御手段と、を備えたことを特徴とする力覚提示装置。

【請求項2】 請求項1において、

前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における仮想接触位置を計算する視覚的接触位置計算手段と、

前記視覚的接触位置計算手段の計算結果に応じて、前記送風受信手段が風を受ける現実空間の力覚提示位置を計算する力覚提示位置計算手段と、

前記力覚提示位置計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段から噴出した送風が前記力覚提示位置に到達するまでの時間を計算する送風到達時間計算手段とを備え、

前記送風噴出計算手段が、前記仮想接触力計算手段の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手段の計算結果と、前記送風到達時間計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段が噴出する風を計算することを特徴とする力覚提示装置。

【請求項3】 請求項2において、

前記仮想接触力計算手段の計算結果に応じて、前記送風受信手段が風を受ける力覚提示タイミングをシフトさせる時間を計算する力覚提示タイミングシフト計算手段と、

前記力覚提示タイミングシフト計算手段の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段から力覚提示するタイミングを計算する力覚提示タイミング計算手段とを備え、

前記送風噴出計算手段が、前記仮想接触力計算手段の計算結果と、前記力覚提示タイミング計算手段の計算結果と、前記送風到達時間計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段が噴出する風を計算することを特徴とする力覚提示装置。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項において、前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における接触している時間の長さを計算する視覚的接触時間計算手段と、

前記視覚的接触時間計算手段の計算結果と、前記仮想接触力計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段からの風を受ける現実空間の力覚提示する間の時間を計算する力覚提示時間計算手段を備え、

前記送風噴出計算手段が、前記力覚提示時間計算手段の計算結果と、前記仮想接触力計算手段の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手段または前記力覚提示タイミング計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段が噴出する風を計算することを特徴とする力覚提示装置。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項において、前記仮想空間は遠隔仮想空間反映手段を備え、

前記遠隔仮想空間反映手段が通信ネットワークを介して他の仮想空間システムから送られてくる前記仮想オブジェクトを前記仮想空間に表現すると共に、仮想オブジェクトを前記通信ネットワークを介して前記他の仮想空間システムに送信することを特徴とする力覚提示装置。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか1項において、前記仮想空間は遠隔仮想空間反映手段を備え、

前記遠隔仮想空間反映手段が通信ネットワークを介して他の仮想空間システムから送られてくる前記仮想オブジェクトを前記仮想空間に表現すると共に、前記接触判定オブジェクトを前記通信ネットワークを介して前記他の仮想空間システムに仮想オブジェクトとして送信することを特徴とする力覚提示装置。

【請求項7】 仮想オブジェクトと接触判定オブジェクトを仮想空間に表現する画像表示端末装置、および前記仮想オブジェクトと前記接触判定オブジェクトの状態に応じて前記仮想空間を制御する仮想空間制御手段を有する仮想空間システムにおいて、

風を受け止める送風受信部、および前記送風受信部が受



けた風圧を操作者に圧力として提示する圧力提示部を有する送風受信手順と、  
 前記送風受信部に対し風を噴出する送風噴出手順と、  
 前記送風受信手順の位置や向き等を検出する送風受信部検出手順と、  
 前記送風受信部検出手順により検出された前記送風受信手順の位置や向き等の情報に応じて、前記送風受信手順を取り付けた又はそれを一部とする物体を前記仮想空間に前記接触判定オブジェクトとして投影する送風受信部投影手順と、  
 前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトとの状態に応じて、前記仮想空間での両者の接触力を計算する仮想接触力計算手順と、  
 前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における接触タイミングを計算する視覚的接触タイミング計算手順と、  
 前記仮想接触力計算手順の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順が噴出する風を計算する送風噴出計算手順と、  
 前記送風噴出計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順が噴出する風を制御する送風噴出制御手順と、を備えたことを特徴とする力覚提示方法。

【請求項 8】 請求項 7 において、  
 前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における仮想接触位置を計算する視覚的接触位置計算手順と、  
 前記視覚的接触位置計算手順の計算結果に応じて、前記送風受信手順が風を受ける現実空間の力覚提示位置を計算する力覚提示位置計算手順と、  
 前記力覚提示位置計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順から噴出した送風が前記力覚提示位置に到達するまでの時間を計算する送風到達時間計算手順とを備え、  
 前記送風噴出計算手順が、前記仮想接触力計算手順の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手順の計算結果と、前記送風到達時間計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順が噴出する風を計算することを特徴とする力覚提示方法。

【請求項 9】 請求項 8 において、  
 前記仮想接触力計算手順の計算結果に応じて、前記送風受信手順が風を受ける力覚提示タイミングをシフトさせる時間を計算する力覚提示タイミングシフト計算手順と、  
 前記力覚提示タイミングシフト計算手順の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順から力覚提示するタイミングを計

算する力覚提示タイミング計算手順とを備え、  
 前記送風噴出計算手順が、前記仮想接触力計算手順の計算結果と、前記力覚提示タイミング計算手順の計算結果と、前記送風到達時間計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順が噴出する風を計算することを特徴とする力覚提示方法。

【請求項 10】 請求項 7～9 のいずれか 1 項において、  
 前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における接触している時間の長さを計算する視覚的接触時間計算手順と、  
 前記視覚的接触時間計算手順の計算結果と、前記仮想接触力計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順からの風を受ける現実空間の力覚提示する間の時間を計算する力覚提示時間計算手順を備え、  
 前記送風噴出計算手順が、前記力覚提示時間計算手順の計算結果と、前記仮想接触力計算手順の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手順または前記力覚提示タイミング計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順が噴出する風を計算することを特徴とする力覚提示方法。

【請求項 11】 請求項 7～10 のいずれか 1 項において、  
 前記仮想空間は遠隔仮想空間反映手順を備え、  
 前記遠隔仮想空間反映手順が通信ネットワークを介して他の仮想空間システムから送られてくる前記仮想オブジェクトを前記仮想空間に表現すると共に、仮想オブジェクトを前記通信ネットワークを介して前記他の仮想空間システムに送信することを特徴とする力覚提示方法。

【請求項 12】 請求項 7～11 のいずれか 1 項において、  
 前記仮想空間は遠隔仮想空間反映手順を備え、  
 前記遠隔仮想空間反映手順が通信ネットワークを介して他の仮想空間システムから送られてくる前記仮想オブジェクトを前記仮想空間に表現すると共に、前記接触判定オブジェクトを前記通信ネットワークを介して前記他の仮想空間システムに仮想オブジェクトとして送信することを特徴とする力覚提示方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、操作者が自分の意志で自由に動作（操作）できる二次元又は三次元の仮想空間を表現する画像表示端末装置、および仮想オブジェクトと接触判定オブジェクトの状態に応じて仮想空間を制御する仮想空間制御手段を有する仮想空間システムにおいて、仮想空間において任意に表示した仮想オブジェクトと操作者の分身（操作者又はその操作者の所持するもの等）として表示した接触判定オブジェクトとの仮想

接触により与えられる力覚を、風圧として操作者に与える場合の風の噴出制御に関するものである。

#### 【0002】

【従来の技術】仮想空間において力覚を提示する方法として、風圧により力覚を提示する方法がある（特願平11-190638号公報）。この力覚提示方式では、風圧を利用し軽量で簡単な風を受ける物体を操作者の身体や所持物に取り付けるだけで、ユーザは自由に動きまわり腕を動かすことができる。

【0003】この送風の噴出のための従来の計算方法としては、仮想空間内の仮想オブジェクトと接触判定オブジェクトとの接触等の状態に応じて仮想接触状態を計算し、算出された仮想接触状態に応じて、噴出する送風のオン/オフや強さ、位置や向き等の噴出する風を計算し、送風の噴出を制御する方法がある。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の送風の噴出計算方法は、仮想空間内の仮想オブジェクトと接触判定オブジェクトの接触等の視覚的に生じたイベントに対して、その接触状態を計算し、送風の噴出計算と噴出制御を行って、力覚イベントである風圧により力覚提示を行っていた。

【0005】しかし、視覚的なイベントが発生するタイミングがあらかじめ分からないため、噴出装置の遅れや立ち上がり時間に対応するためには、操作者への視覚的イベントに対する力覚イベントの発生タイミングを制御することが困難であった。

【0006】さらに、従来の風圧による力覚表現に関する噴出計算は、送風のオン/オフや強さ等があるが、力覚提示タイミングや提示している時間を制御することで、力覚表現を行うことが必要である。

【0007】本発明はこのような問題点を解決するためになされたもので、仮想空間内の仮想オブジェクトと接触判定オブジェクトの位置等から視覚的イベントである仮想空間内の接触タイミングや接触位置、現実空間で力覚提示を受ける位置等を予測計算することで、視覚的イベントに対して、現実の送風噴出による力覚提示タイミングのずれに対して、視覚的イベントに同期させて力覚イベントを発生させることができる力覚提示装置および方法を提供することを目的とする。

【0008】さらに、本発明は、視覚的イベントに対する風圧提示の発生のタイミング制御や提示時間の制御を行うことで、衝突の速さや、やわらかさ等について異なる衝突感覚として錯覚させる等、豊かな力覚表現の制御を可能とする力覚提示装置および方法を提供することを目的とする。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための本発明は、以下の力覚提示装置および力覚提示方法の特徴とする。

#### 【0010】（装置の発明）

（1）仮想オブジェクトと接触判定オブジェクトを仮想空間に表現する画像表示端末装置、および前記仮想オブジェクトと前記接触判定オブジェクトの状態に応じて前記仮想空間を制御する仮想空間制御手段を有する仮想空間システムにおいて、風を受け止める送風受信部、および前記送風受信部が受けた風圧を操作者に圧力として提示する圧力提示部を有する送風受信手段と、前記送風受信部に対し風を噴出する送風噴出手段と、前記送風受信手段の位置や向き等を検出する送風受信部検出手段と、前記送風受信部検出手段により検出された前記送風受信手段の位置や向き等の情報に応じて、前記送風受信手段を取り付けた又はそれを一部とする物体を前記仮想空間に前記接触判定オブジェクトとして投影する送風受信部投影手段と、前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトとの状態に応じて、前記仮想空間での両者の接触力を計算する仮想接触力計算手段と、前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における接触タイミングを計算する視覚的接触タイミング計算手段と、前記仮想接触力計算手段の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段が噴出する風を計算する送風噴出計算手段と、前記送風噴出計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段が噴出する風を制御する送風噴出制御手段とを備えたことを特徴とする。

【0011】（2）前記（1）において、前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における仮想接触位置を計算する視覚的接触位置計算手段と、前記視覚的接触位置計算手段の計算結果に応じて、前記送風受信手段が風を受ける現実空間の力覚提示位置を計算する力覚提示位置計算手段と、前記力覚提示位置計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段から噴出した送風が前記力覚提示位置に到達するまでの時間を計算する送風到達時間計算手段とを備え、前記送風噴出計算手段が、前記仮想接触力計算手段の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手段の計算結果と、前記送風到達時間計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段が噴出する風を計算することを特徴とする。

【0012】（3）前記（2）において、前記仮想接触力計算手段の計算結果に応じて、前記送風受信手段が風を受ける力覚提示タイミングをシフトさせる時間を計算する力覚提示タイミングシフト計算手段と、前記力覚提示タイミングシフト計算手段の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段から力覚提示するタイミングを計算する力覚提示タイミング計算手段とを備え、前記送風噴出計算手段



が、前記仮想接触力計算手段の計算結果と、前記力覚提示タイミング計算手段の計算結果と、前記送風到達時間計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段が噴出する風を計算することを特徴とする。

【0013】(4) 前記(1)～(3)のいずれか1項において、前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における接触している時間の長さを計算する視覚的接触時間計算手段と、前記視覚的接触時間計算手段の計算結果と、前記仮想接触力計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段からの風を受ける現実空間の力覚提示する間の時間を計算する力覚提示時間計算手段を備え、前記送風噴出計算手段が、前記力覚提示時間計算手段の計算結果と、前記仮想接触力計算手段の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手段または前記力覚提示タイミング計算手段の計算結果に応じて、前記送風噴出手段が噴出する風を計算することを特徴とする。

【0014】(5) 前記(1)～(4)のいずれか1項において、前記仮想空間は遠隔仮想空間反映手段を備え、前記遠隔仮想空間反映手段が通信ネットワークを介して他の仮想空間システムから送られてくる前記仮想オブジェクトを前記仮想空間に表現すると共に、仮想オブジェクトを前記通信ネットワークを介して前記他の仮想空間システムに送信することを特徴とする。

【0015】(6) 前記(1)～(5)のいずれか1項において、前記仮想空間は遠隔仮想空間反映手段を備え、前記遠隔仮想空間反映手段が通信ネットワークを介して他の仮想空間システムから送られてくる前記仮想オブジェクトを前記仮想空間に表現すると共に、前記接触判定オブジェクトを前記通信ネットワークを介して前記他の仮想空間システムに仮想オブジェクトとして送信することを特徴とする。

【0016】(方法の発明)

(7) 仮想オブジェクトと接触判定オブジェクトを仮想空間に表現する画像表示端末装置、および前記仮想オブジェクトと前記接触判定オブジェクトの状態に応じて前記仮想空間を制御する仮想空間制御手段を有する仮想空間システムにおいて、風を受け止める送風受信部、および前記送風受信部が受けた風圧を操作者に圧力として提示する圧力提示部を有する送風受信手順と、前記送風受信部に対し風を噴出する送風噴出手順と、前記送風受信手順の位置や向き等を検出する送風受信部検出手順と、前記送風受信部検出手順により検出された前記送風受信手順の位置や向き等の情報に応じて、前記送風受信手順を取り付けた又はそれを一部とする物体を前記仮想空間に前記接触判定オブジェクトとして投影する送風受信部投影手順と、前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトとの状態に応じて、前記仮想空間での両者の接触力を計算する仮想接触力計算手順と、

前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における接触タイミングを計算する視覚的接触タイミング計算手順と、前記仮想接触力計算手順の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順が噴出する風を計算する送風噴出計算手順と、前記送風噴出計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順が噴出する風を制御する送風噴出制御手順とを備えたことを特徴とする。

【0017】(8) 前記(7)において、前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における仮想接触位置を計算する視覚的接触位置計算手順と、前記視覚的接触位置計算手順の計算結果に応じて、前記送風受信手順が風を受ける現実空間の力覚提示位置を計算する力覚提示位置計算手順と、前記力覚提示位置計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順から噴出した送風が前記力覚提示位置に到達するまでの時間を計算する送風到達時間計算手順とを備え、前記送風噴出計算手順が、前記仮想接触力計算手順の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手順の計算結果と、前記送風到達時間計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順が噴出する風を計算することを特徴とする。

【0018】(9) 前記(8)において、前記仮想接触力計算手順の計算結果に応じて、前記送風受信手順が風を受ける力覚提示タイミングをシフトさせる時間を計算する力覚提示タイミングシフト計算手順と、前記力覚提示タイミングシフト計算手順の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順から力覚提示するタイミングを計算する力覚提示タイミング計算手順とを備え、前記送風噴出計算手順が、前記仮想接触力計算手順の計算結果と、前記力覚提示タイミング計算手順の計算結果と、前記送風到達時間計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順が噴出する風を計算することを特徴とする。

【0019】(10) 前記(7)～(9)のいずれか1項において、前記仮想空間内での前記接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、前記仮想空間内での前記両者の仮想空間内における接触している時間の長さを計算する視覚的接触時間計算手順と、前記視覚的接触時間計算手順の計算結果と、前記仮想接触力計算手順の計算結果に応じて、前記送風噴出手順からの風を受ける現実空間の力覚提示する間の時間を計算する力覚提示時間計算手順を備え、前記送風噴出計算手順が、前記力覚提示時間計算手順の計算結果と、前記仮想接触力計算手順の計算結果と、前記視覚的接触タイミング計算手順または前記力覚提示タイミング計算手順の計算結果に応じて、前記送風

噴出手順が噴出する風を計算することを特徴とする。

【0020】(11)前記(7)～(10)のいずれか1項において、前記仮想空間は遠隔仮想空間反映手順を備え、前記遠隔仮想空間反映手順が通信ネットワークを介して他の仮想空間システムから送られてくる前記仮想オブジェクトを前記仮想空間に表現すると共に、仮想オブジェクトを前記通信ネットワークを介して前記他の仮想空間システムに送信することを特徴とする。

【0021】(12)前記(7)～(11)のいずれか1項において、前記仮想空間は遠隔仮想空間反映手順を備え、前記遠隔仮想空間反映手順が通信ネットワークを介して他の仮想空間システムから送られてくる前記仮想オブジェクトを前記仮想空間に表現すると共に、前記接触判定オブジェクトを前記通信ネットワークを介して前記他の仮想空間システムに仮想オブジェクトとして送信することを特徴とする。

【0022】

【発明の実施の形態】(実施形態1)図1は本発明における力覚提示装置の外観構成図である。図1の(a)に示す力覚提示装置は、画像表示端末装置1で表現される三次元の仮想空間内(図1のb)における操作者の分身(操作者又はその操作者の所持するもの等)として表示した接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトとの仮想接触時の力覚を提示するとき、送風噴出手段2より操作者の身体や所持物に風を与え、その風を送風受信手段3で受け、操作者の身体や所持物に圧力として力覚提示する。

【0023】図2は本実施形態の力覚提示装置のシステム構成図である。また、図3は図2の各部に対応した処理(S1～S8)の流れを示す図である。

【0024】(S1)送風受信手段3は、送風噴出手段2から噴出される風を受け止める送風受信部3Aと、その送風受信部3Aが風を受けたときの風圧を操作者の身体や所持物に圧力として提示する圧力提示部3Bとを有する。この送風受信手段3は、風を受けたときのその風圧を受け止められる面を有しその風圧を圧力として操作者に伝えることができる構成であればよい。この面の形状は、単なる平面や、効率的に風圧を受け止められ回転の力がかかりにくい凹形の面を使用することが考えられる。

【0025】送風受信手段3は、仮想オブジェクトによる仮想接触を受け取らせたい部分(操作者の身体や所持物等)に1個以上取り付け、そこに風圧を与えて圧力として伝えさせる。また、所持物自体の面や操作者の衣服など、送風受信手段として利用可能な面が既に備わっている場合はそれを利用し、それら所持物等に風圧を与えることで、所持している操作者に圧力を提示するようにしてもよい。その場合の送風受信手段の位置は、既に備わっているその部分の位置等になる。

【0026】(S2)送風受信部検出手段3Cは、送風

受信手段3の位置、向きを検出する。この送風受信部検出手段3Cとしては、磁気センサーや赤外線を利用した検出手段、マーキングによる映像解析を利用する検出手段などがある。また、送風受信部検出手段より検出する位置情報、向き情報を使用して、移動速度、移動方向、加速度などを算出し送風受信部3Aの状態値として利用することもできる。

【0027】(S3)送風受信部投影手段3Dは、送風受信部検出手段3Cで検出した送風受信手段の位置情報、向き情報に応じて、送風受信手段3を取り付けた又はそれを一部とする物体を仮想空間に接触判定オブジェクトとして投影する。

【0028】(S4)仮想接触力計算手段4は、仮想空間における接触判定オブジェクトと仮想空間に生成された仮想オブジェクトとの状態に応じて、仮想空間内での両者の接触状態である接触力を計算する。すなわち、仮想空間における接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトとのそれぞれの位置または時間に対する位置の変化、移動軌道、移動速度、移動方向、加速度から接触を予測算出し、またあらかじめ与えられた両者オブジェクトの属性(大きさ、形、重さ、材質、跳ね返り係数)、または両者オブジェクトの属性などから決められた衝突時の属性(接触力の大きさ、または時間に対する接触力の変化または衝突時間、衝突時の硬さ・やわらかさ、弾力性等の衝突感覚など、衝突時に発生する力に関する係数)より、現在の接触判定、接触した時の力の向き、大きさ、強さ、硬さまたは柔らかさ、弾力さなどの衝突感覚等、接触状態を予測または計算する。

【0029】(S5)視覚的接触タイミング計算手段5は、仮想空間内での接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、仮想空間内での両者の仮想空間内における接触タイミングを計算する。すなわち、仮想空間における接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトそれぞれの位置または時間に対する位置の変化、移動軌道、移動速度、移動方向、加速度から接触タイミングを予測算出する。また、予測した接触タイミングに対して、その際過去の情報をフィードバックし計算することもある。

【0030】(S6)送風噴出計算手段6は、仮想接触力計算手段4の計算結果と、視覚的接触タイミング計算手段5の計算結果に応じて、送風噴出手段2が噴出する風を計算する。すなわち、送風噴出手段2が噴出する風の位置、向き、強さ、噴出タイミング、噴出時間などを計算する。さらにその際、装置自体の特質を考慮して計算する。例えば、噴出開始遅れや、噴出の立ち上がりが遅いとき、噴出したいタイミングに噴出したい力になるように計算する。

【0031】(S7)送風噴出制御手段7は、送風噴出計算手段6の計算結果に応じて、送風噴出手段2が噴出する風を制御する。すなわち、送風噴出手段2が噴出す



る風の位置、向き、強さ、噴出タイミング、噴出時間などを制御するため、送風の強さや、一つ以上の送風噴出部分の切り替え、角度・位置などの制御による送風の位置・向きの制御を行う。送風の強さ制御の具体的方法としては、その送風噴出手段2に供給する電圧や周波数を制御することで送風のオン／オフや単位時間あたりの風量を変化させて送風の強さを制御したり、また送風噴出手段2の送風噴出口の面積を制御することで単位面積あたりの風量を変化させ送風の強さを制御する方法等がある。

【0032】送風噴出手段2は送風受信部に対し風を噴出する。具体的方法としては、ファンやエアープンプ、エアークンプレッサーによる送風がある。

【0033】(S8) 仮想空間システム8は、仮想オブジェクトと接触判定オブジェクトを仮想空間に表現する画像表示端末装置1、および仮想オブジェクトと接触判定オブジェクトの状態に応じて仮想空間を制御する仮想空間制御手段8Aを有する。画像表示端末装置1としては、標準的大きさのまたは等身大のディスプレイや、HMD等に映し出すものが利用でき、単眼視や多眼視(立体視)するものも利用できる。

【0034】仮想空間制御手段8Aは、仮想空間システムにより表現された仮想オブジェクトまたは投影した接触判定オブジェクトの状態に応じて、仮想空間システム8が表現する仮想空間の変化や仮想オブジェクトなどの変化を制御する。さらに、仮想空間システム8は表現された仮想空間に応じて、再度イベントを処理するならば、再びそれらが繰り返される。

【0035】(実施形態2) 図4は本実施形態の力覚提示装置のシステム構成図である。また、図5は図4の各部に対応した処理(S1～S11)の流れを示す図である。なお、図4および図5のうち、図2および図3と同等の構成および処理は同一符号で示す。

【0036】(S9) 視覚的接触位置計算手段9は、仮想空間内での接触判定オブジェクトと前記仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、仮想空間内での前記両者の仮想空間内における仮想接触位置を計算する。すなわち、仮想空間における接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトそれぞれの位置または時間に対する位置の変化、移動軌道、移動速度、移動方向、加速度から仮想空間内の接触位置を予測算出する。また、予測した接触位置に対して、その際過去の情報をフィードバックし計算することもある。

【0037】(S10) 力覚提示位置計算手段10は、視覚的接触位置計算手段9の計算結果に応じて、送風受信手段3が風を受ける現実空間の力覚提示位置を計算する。つまり、視覚的接触位置計算手段9で計算した仮想空間内の接触位置に対応する現実の位置を計算することで、現実空間で接触判定オブジェクトの投影元である送風受信手段が風圧からの力を受けるであろう位置を予測

計算する。また、予測した接触位置に対して、その際過去の情報をフィードバックし計算することもある。

【0038】(S11) 送風到達時間計算手段11は、力覚提示位置計算手段10の計算結果に応じて、送風噴出手段2から噴出した送風が力覚提示位置に到達するまでの時間を計算する。すなわち、力覚提示位置計算手段10の計算結果に対し、送風噴出手段2の位置から、送風噴出手段からの送風の速度に応じて、送風噴出手段から噴出した送風が力覚提示位置に到達するまでの時間を計算する。

【0039】本実施形態においては、送風噴出計算手段6は、仮想接触力計算手段4の計算結果と、視覚的接触タイミング計算手段5の計算結果と、送風到達時間計算手段11の計算結果に応じて、送風噴出手段2が噴出する風を計算する。すなわち、送風噴出手段が噴出する風の位置、向き、強さ、噴出タイミング、噴出時間などを計算する。

【0040】このとき、装置自体の特質を考慮して計算する。その際、噴出開始遅れや、噴出の立ち上がりが遅いとき、噴出したいタイミングに噴出したい力になるように計算する。また、噴出タイミングに関しては、視覚的接触タイミング計算手段5の計算結果に対して、送風到達時間計算手段11の計算結果を考慮したタイミング値を算出する。例えば、視覚的接触タイミング計算手段の計算結果から送風到達時間計算手段の計算結果を引いた値、またはその値の近似値とすることで、視覚的接触タイミングに同期して、またはある程度送れないように送風噴出手段から噴出した送風が力覚提示位置に到達させることが考えられる。

【0041】(実施形態3) 図6は本実施形態の力覚提示装置のシステム構成図である。また、図7は図6の各部に対応した処理(S1～S13)の流れを示す図である。なお、図6および図7のうち、図4および図5と同等の構成および処理は同一符号で示す。

【0042】(S12) 力覚提示タイミングシフト計算手段12は、仮想接触力計算手段4の計算結果に応じて、送風受信手段3が風を受ける力覚提示タイミングをシフトさせる時間を計算する。すなわち、仮想接触力計算結果である接触した時の力の向き、大きさ、強さ、硬さまたは柔らかさ、弾力さなどの衝突感覚などに応じて、視覚的接触タイミングに対して実際に力覚を提示するタイミングを変える。

【0043】視覚的に接触しているタイミングに対して、現実接触したと感じる力覚提示のタイミングを早めたり遅くすることで、衝突の速さや、やわらかさ等について異なる衝突感覚として錯覚させる。

【0044】(S13) 力覚提示タイミング計算手段13は、力覚提示タイミングシフト計算手段12の計算結果と、視覚的接触タイミング計算手段5の計算結果に応じて、力覚提示するタイミングを計算する。力覚提示タ

イミングシフト計算手段 12 の計算結果、タイミングを早めるとしたとき、予測した視覚的接触タイミングに対して、利用者が風による力を受ける力覚提示するタイミングを算出する。

【0045】本実施形態においては、送風噴出計算手段 6 は、仮想接触力計算手段 4 の計算結果と、力覚提示タイミング計算手段 13 の計算結果と、送風到達時間計算手段 11 の計算結果に応じて、送風噴出手段 2 が噴出する風を計算する。

【0046】（実施形態 4）図 8 は本実施形態の力覚提示装置のシステム構成図である。また、図 9 は図 8 の各部に対応した処理（S1～S8、S14、S15）の流れを示す図である。なお、図 8 および図 9 のうち、図 2 および図 3 と同等の構成および処理は同一符号で示す。

【0047】（S14）視覚的接触時間計算手段 14 は、仮想空間内での接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトの位置および時間に対する位置の変化に応じて、仮想空間内での両者の仮想空間内における接触している時間の長さを計算する。すなわち、仮想空間における接触判定オブジェクトと仮想オブジェクトそれぞれの位置または時間に対する位置の変化、移動軌道、移動速度、移動方向、加速度から接触している間の時間を予測算出する。また、あらかじめ与えられた両者オブジェクトの属性（大きさ、形、重さ、材質、跳ね返り係数）、または両者オブジェクトの属性などから決められた衝突時の衝突時間に関する属性より算出する。

【0048】（S15）力覚提示時間計算手段 15 は、視覚的接触時間計算手段 14 の計算結果と、仮想接触力計算手段 4 の計算結果に応じて、送風噴出手段 2 からの風を受ける現実空間の力覚提示する間の時間を計算する。すなわち、仮想接触力計算結果である接触した時の力の向き、大きさ、強さ、硬さまたは柔らかさ、弾力さなどの衝突感覚などに応じて、視覚的接触時間に対して、実際に力覚を提示している間の時間を変えることである。視覚的に接触している時間に対して、現実接触していると感じる力覚提示時間を長くしたり短くすることで、衝突の速さや、やわらかさ等について異なる衝突感覚として錯覚させる。

【0049】本実施形態において、送風噴出計算手段 6 は、力覚提示時間計算手段 15 の計算結果と、仮想接触力計算手段 4 の計算結果と、視覚的接触タイミング計算手段 5 または力覚提示タイミング計算手段 13 の計算結果に応じて、送風噴出手段が噴出する風を制御する。

【0050】（実施形態 5）図 10 は本実施形態の力覚提示装置のシステム構成図である。また、図 11 は図 10 の各部に対応した処理（S1～S8、S16、S17）の流れを示す図である。なお、図 10 および図 11 のうち、図 2 および図 3 などと同等の構成および処理は同一符号で示す。

【0051】（S16）遠隔仮想空間反映手段 8 B は、

通信ネットワークを介して他の仮想空間システムから送られてくる仮想オブジェクトを仮想空間に表現すると共に、仮想オブジェクトまたは接触判定オブジェクトを通信ネットワークを介して他の仮想空間システムに送信する。

【0052】（S17）対向する他の遠隔仮想空間反映手段 8 B は、遠隔から送信されてきた仮想オブジェクトの位置情報、向き情報を、仮想空間システムに反映させる。

【0053】本実施形態において、ネットワーク上でやり取りされる仮想空間オブジェクトの状態にも応じて、実施形態 1 から 4 までの計算手段を適用することが考えられる。

【0054】

【発明の効果】以上から、本発明によれば、視覚的イベントに対して、現実の送風噴出による力覚提示タイミングの遅れが生じても、視覚的イベントに同期させて力覚イベントを発生させることができる。さらに、風圧提示の発生のタイミング制御や噴出時間の制御を行うことで、衝突の速さや、やわらかさ等について異なる衝突感覚として錯覚させる等、力覚表現の制御を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明における力覚提示装置の外観構成図。

【図 2】実施形態 1 における力覚提示装置のシステム構成図。

【図 3】実施形態 1 における力覚提示装置の処理手順図。

【図 4】実施形態 2 における力覚提示装置のシステム構成図。

【図 5】実施形態 2 における力覚提示装置の処理手順図。

【図 6】実施形態 3 における力覚提示装置のシステム構成図。

【図 7】実施形態 3 における力覚提示装置の処理手順図。

【図 8】実施形態 4 における力覚提示装置のシステム構成図。

【図 9】実施形態 4 における力覚提示装置の処理手順図。

【図 10】実施形態 5 における力覚提示装置のシステム構成図。

【図 11】実施形態 5 における力覚提示装置の処理手順図。

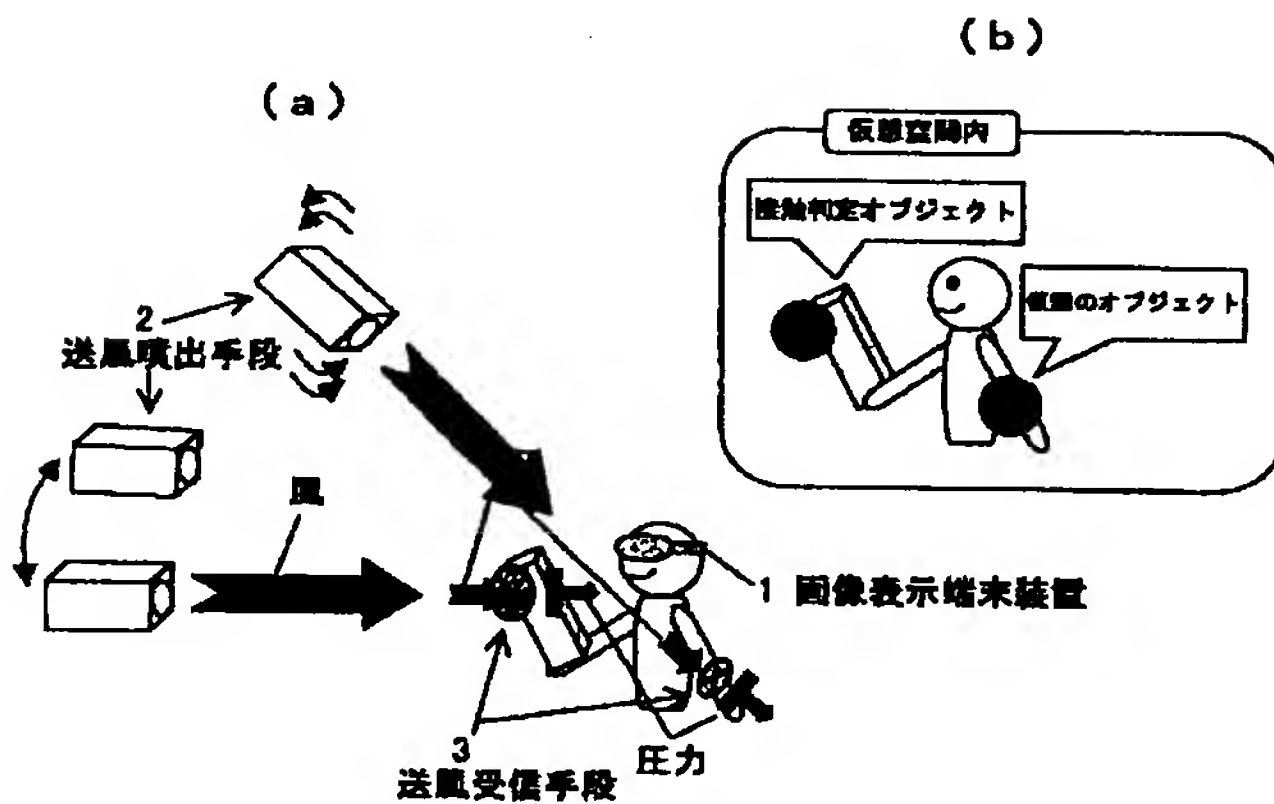
【符号の説明】

- 1…画像表示端末装置
- 2…送風噴出手段
- 3…送風受信手段
- 4…仮想接触力計算手段
- 5…視覚的接触タイミング計算手段

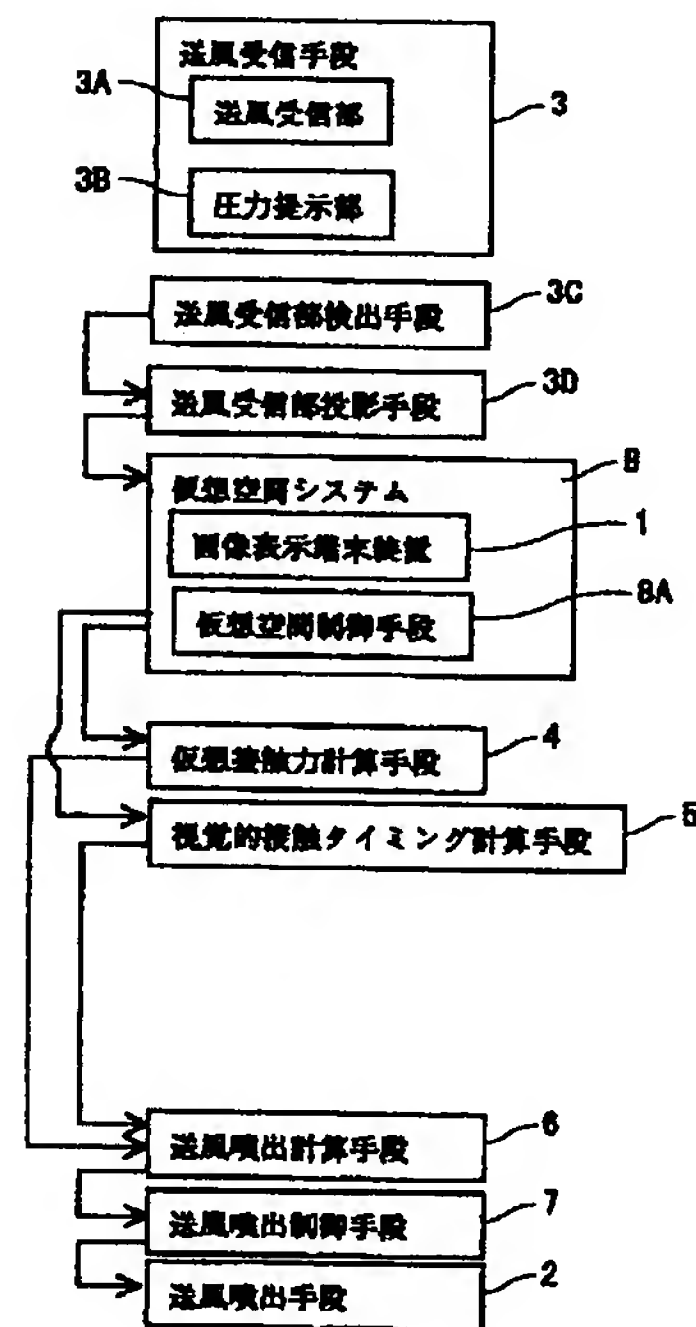
- 6…送風噴出計算手段
- 7…送風噴出制御手段
- 8…仮想システム
- 8A…仮想空間制御手段
- 8B…遠隔仮想空間反映手段
- 9…視覚的接触位置計算手段

- 10…力覚提示位置計算手段
- 11…送風到達時間計算手段
- 12…力覚提示タイミングシフト計算手段
- 13…力覚提示タイミング計算手段
- 14…視覚的接触時間計算手段
- 15…力覚提示時間計算手段

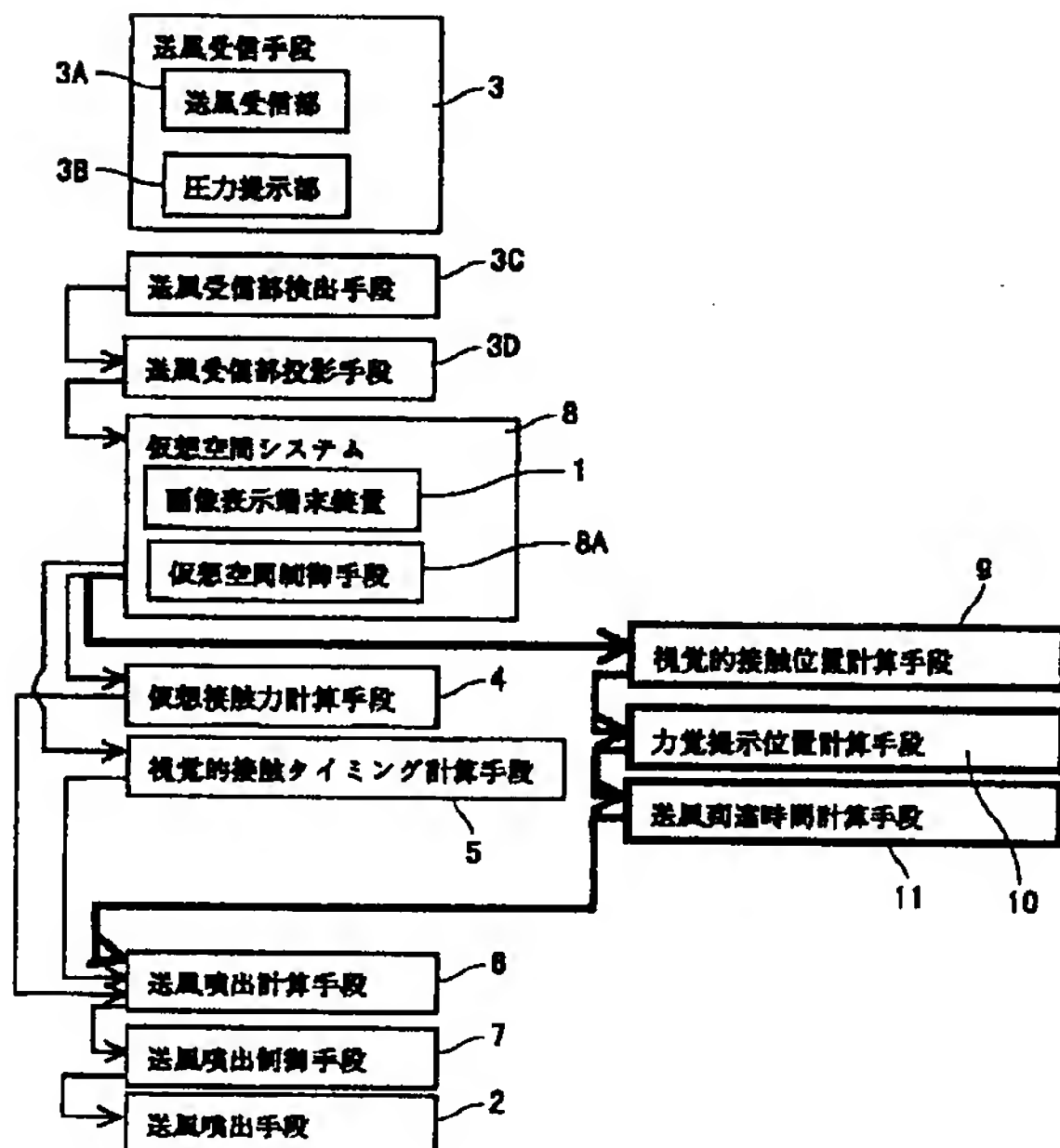
【図1】



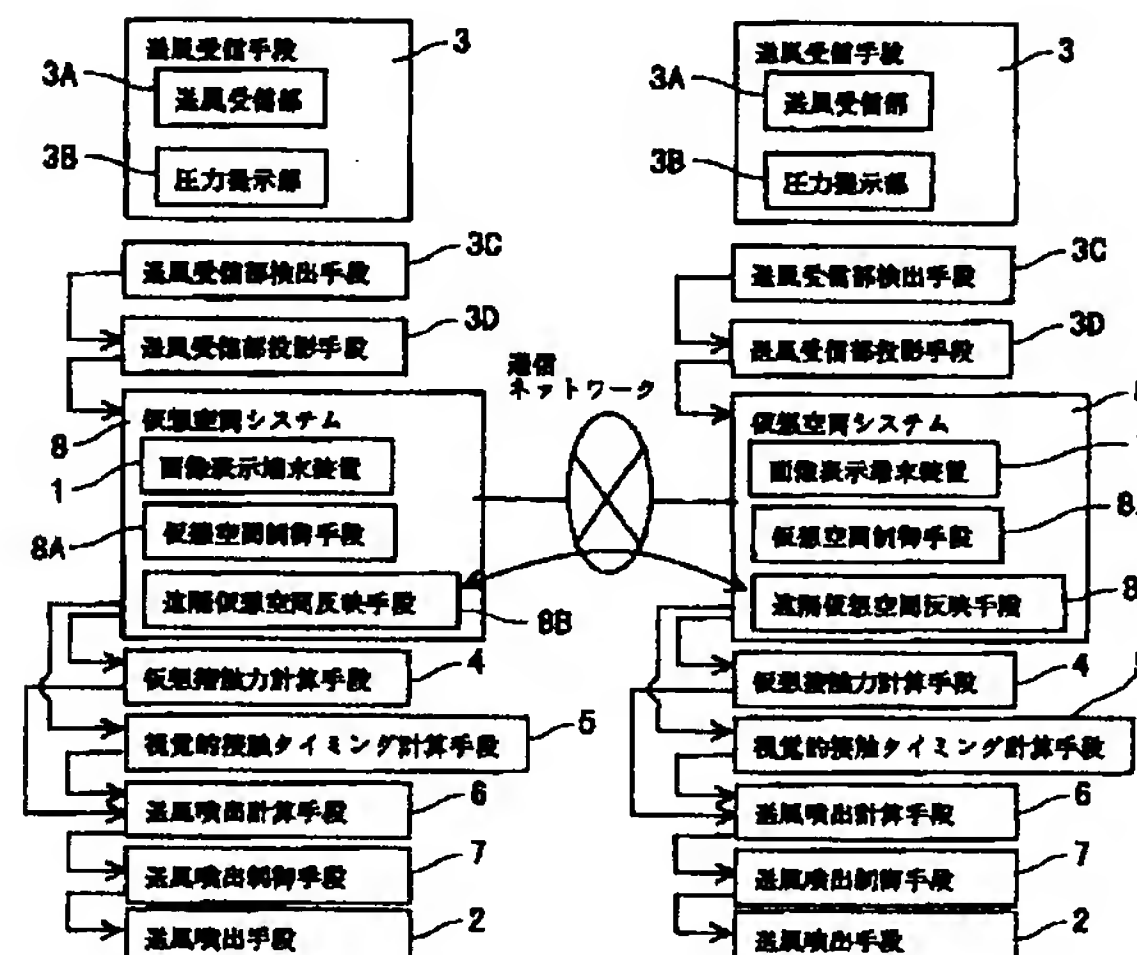
【図2】



【図4】

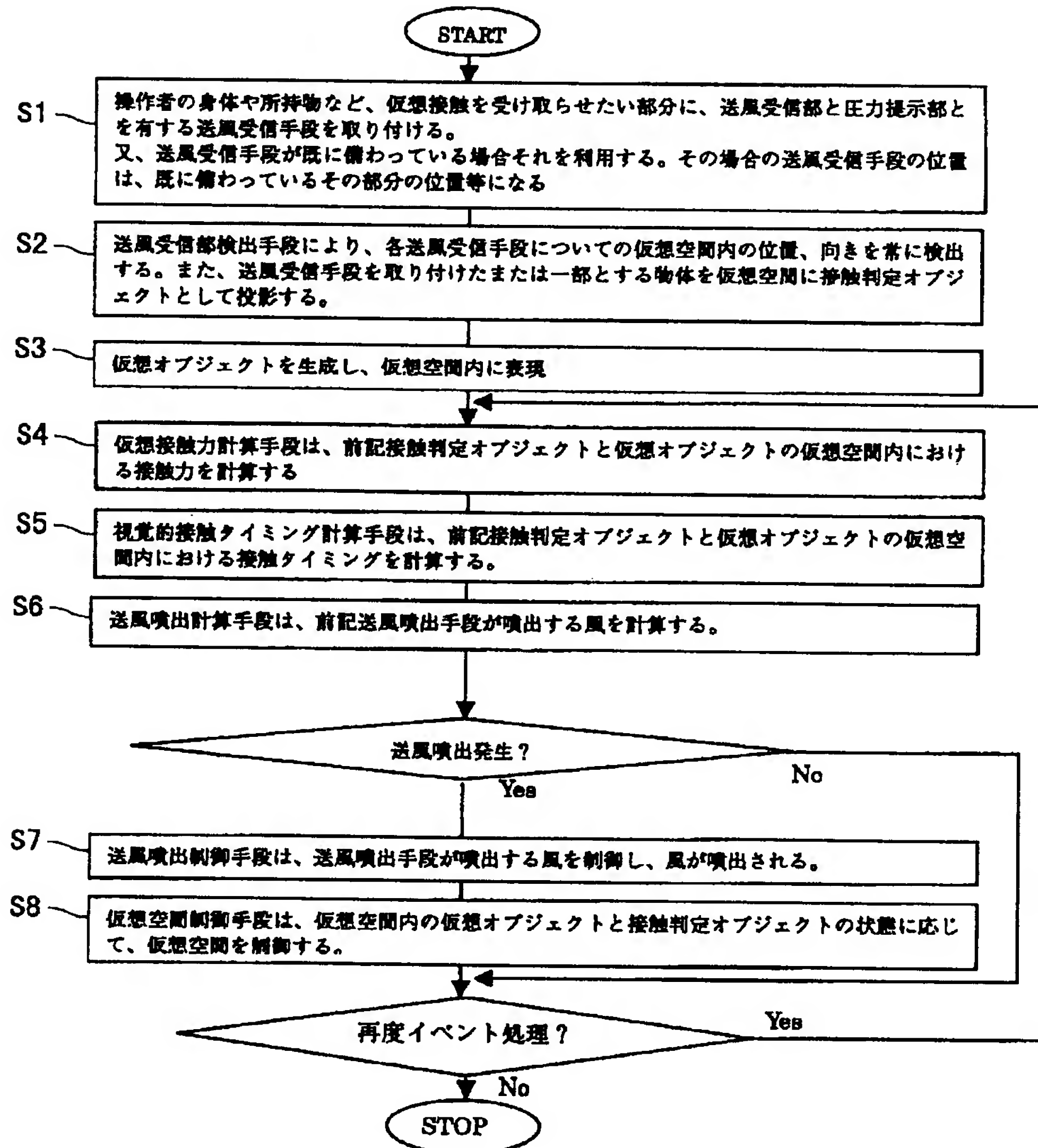


【図10】

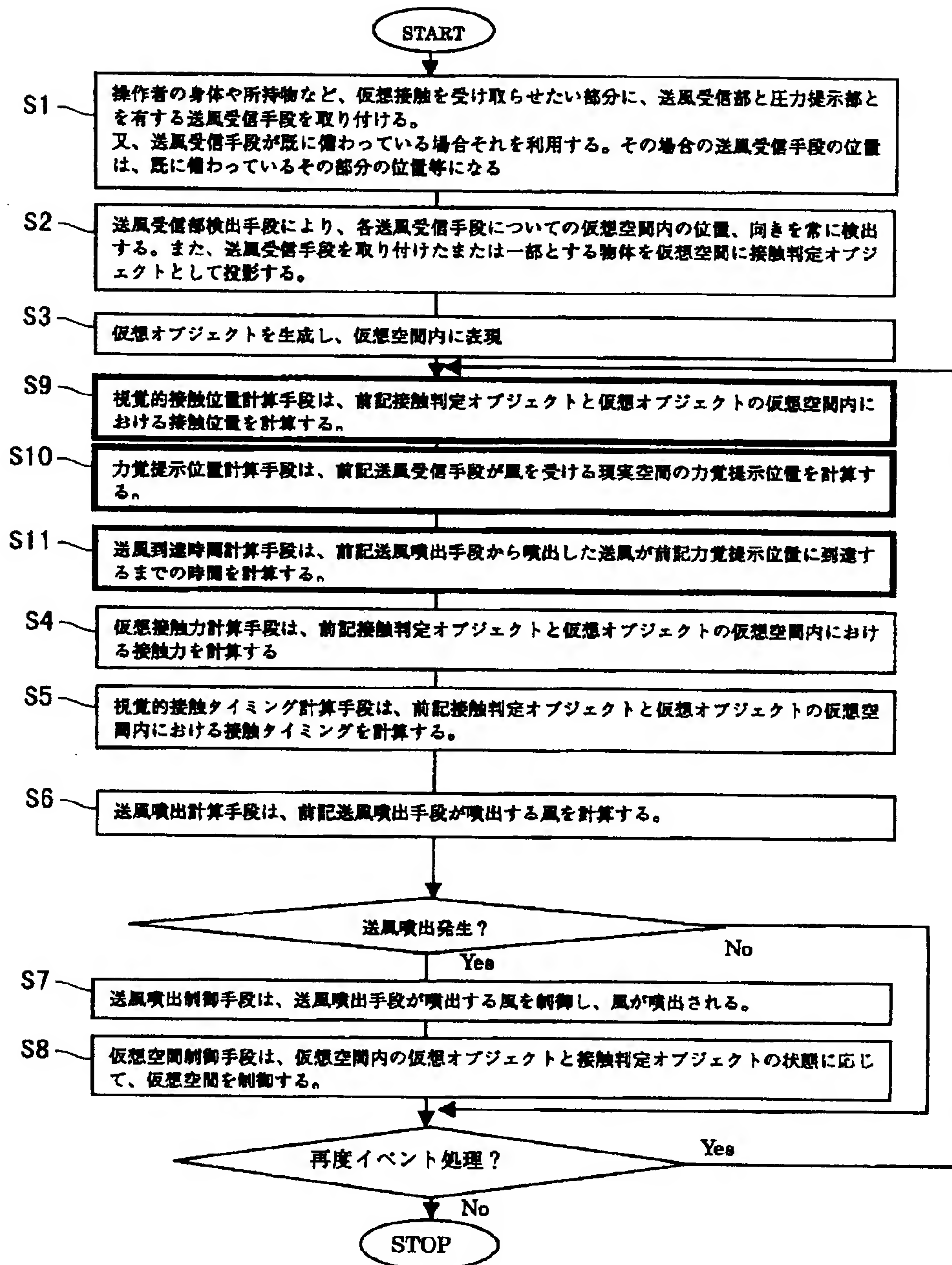




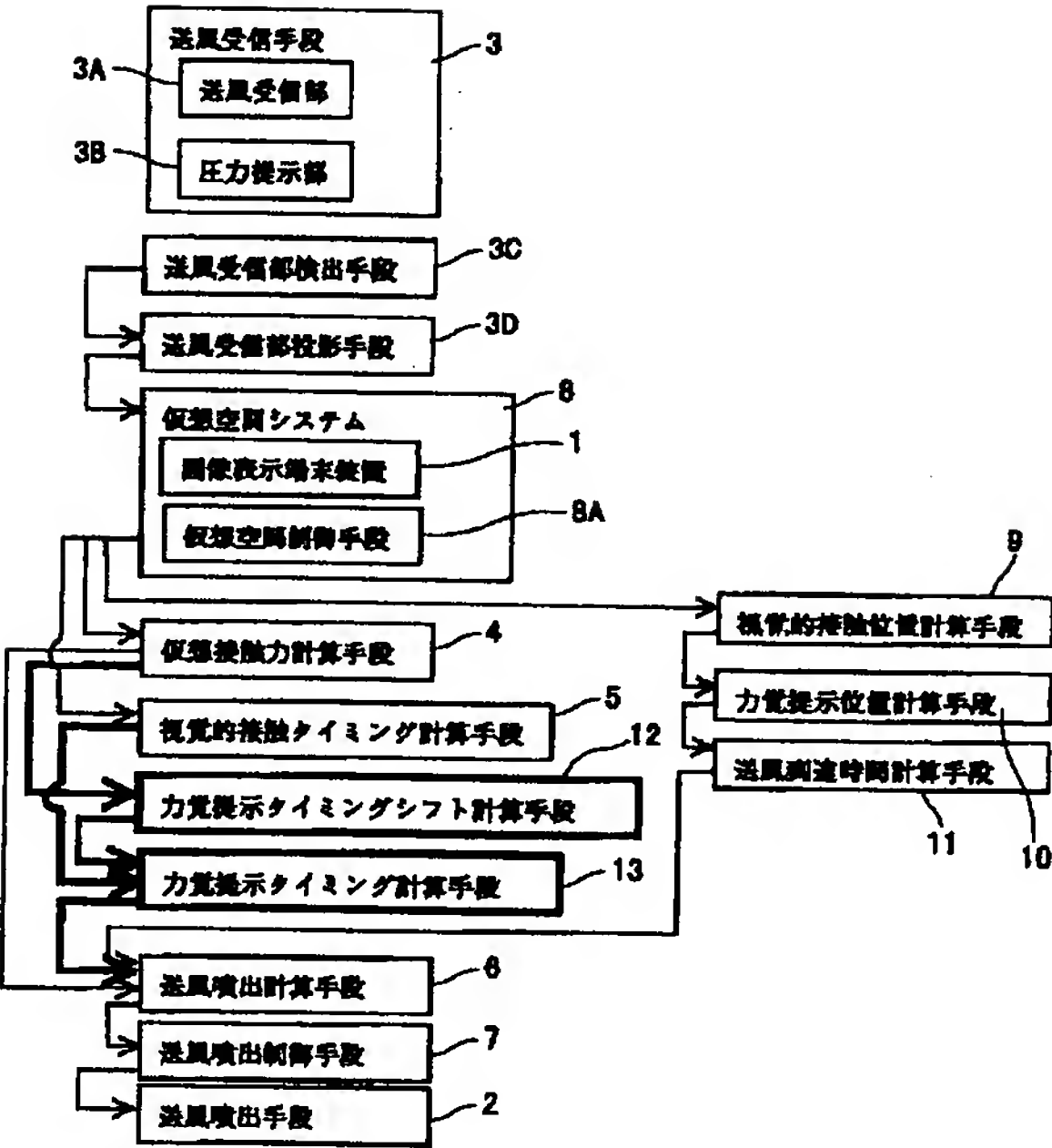
【図3】



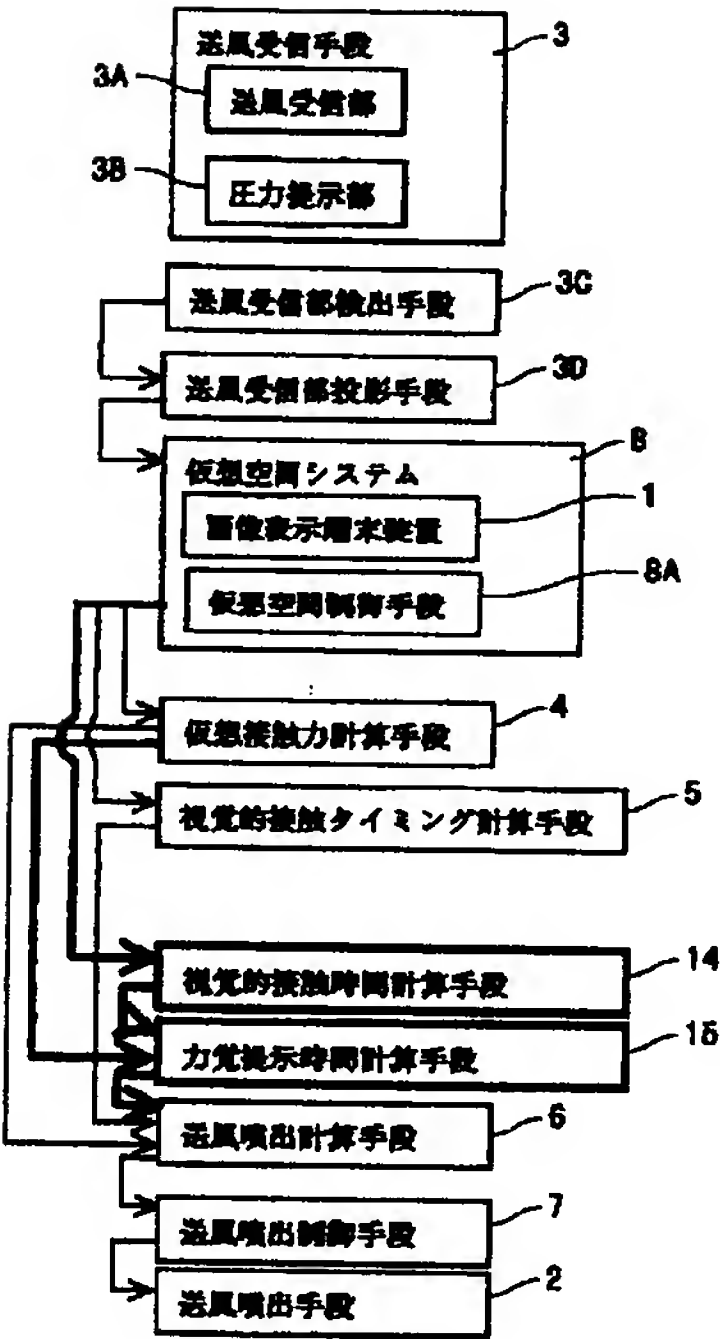
【図5】



【図6】

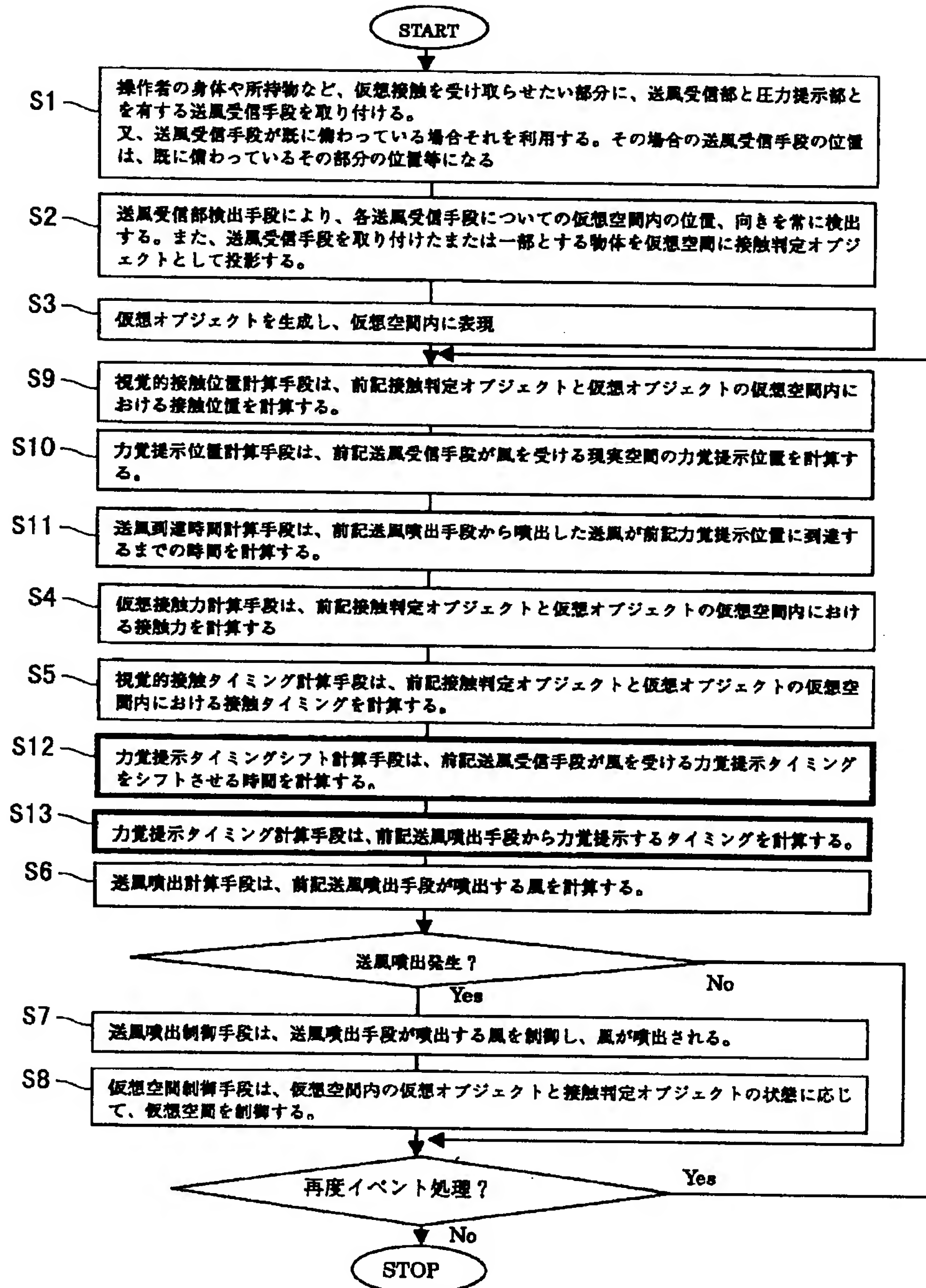


【図8】

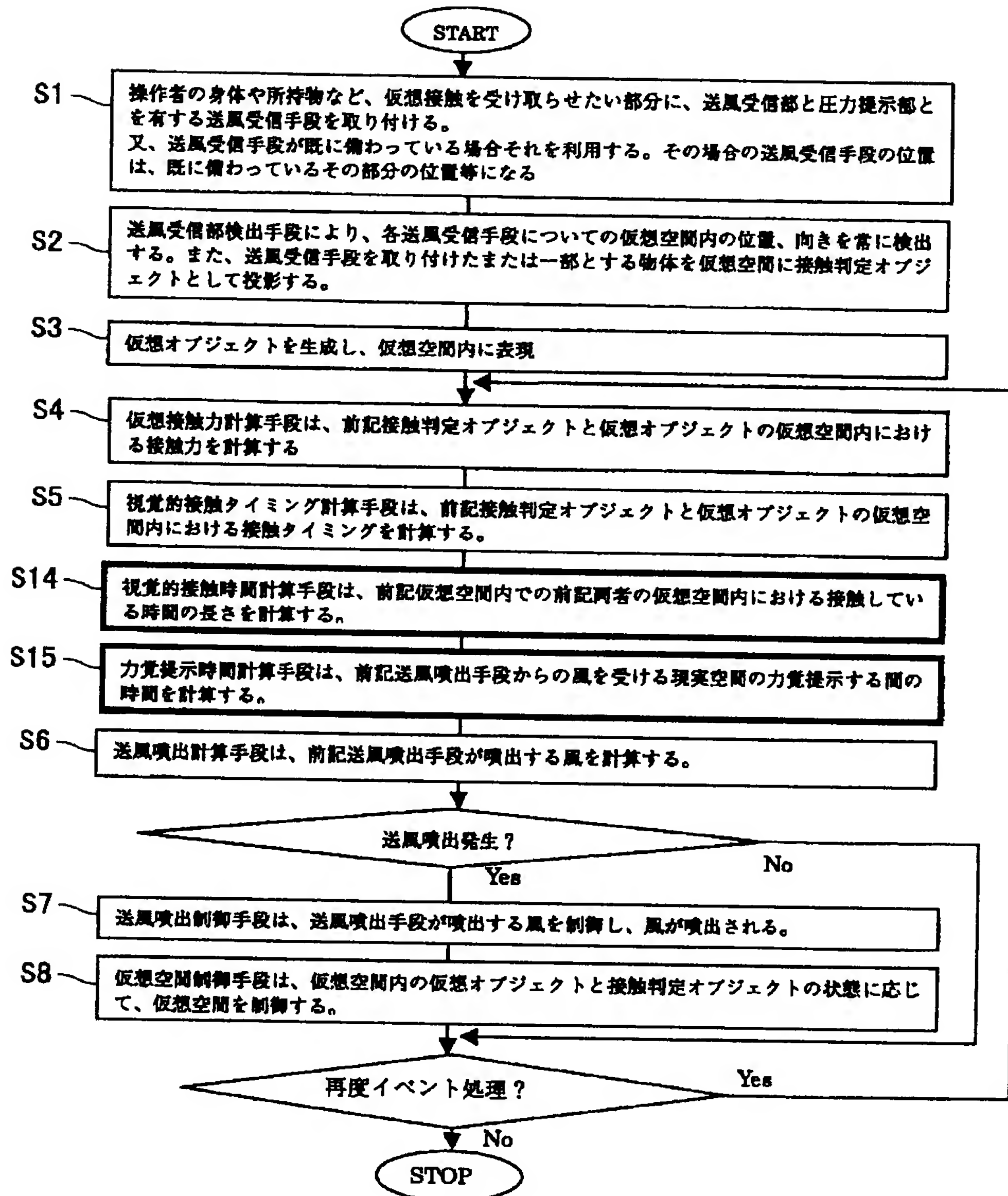




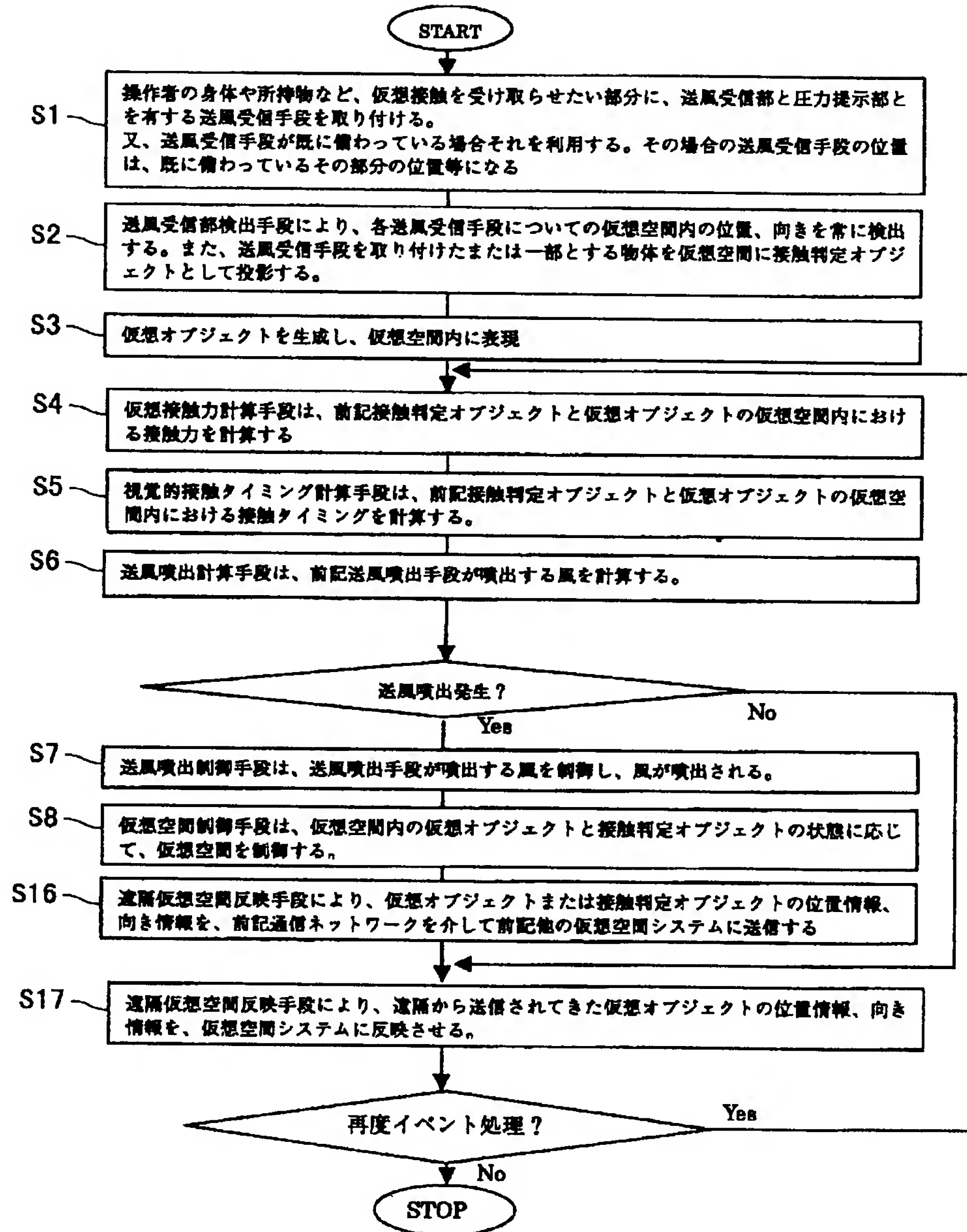
【図7】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

(72) 発明者 石橋 聡  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5E501 AC37 CA02 CG20 FA14 FA36